

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРИВОДУ ПЛИТИ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

К. т. н., доц. Савуляк В. І., асп. Березюк О. В.

Серед екологічних проблем України чільне місце посідає проблема збирання та транспортування твердих побутових відходів (ТПВ), враховуючи величезний обсяг робіт, низький рівень механізації робіт. Щорічно утворюється близько 40 млн. м³, 96,5% яких вивозяться на полігони і сміттєзвалища, 2,2% спалюються, 1,3% переробляються. Щорічний приріст маси ТПВ складає 0,5% [1].

Після вивантаження кожного контейнера з ТПВ в бункер сміттєвоза обов'язково виконується операція його ущільнення. При вищому коефіцієнті ущільнення краще використовується об'єм кузова та вантажепід'ємність автомобіля. Але інтенсифікація цього коефіцієнта може негативно вплинути на якість перехідних процесів. Тому дослідження динаміки гідроприводу для визначення якості перехідних процесів є актуальною науковою задачею.

На рис. 1 представлена розрахункова схема роботи гідроприводу сміттєвоза на операції пресування ТПВ, на якій позначені наступні структурні елементи: ПП - плита для пресування, ГЦ - гідроциліндр, Р - гідророзподільник, Н - гідронасос, ЗК - запобіжний клапан, Ф - фільтр, Б - бак із робочою рідиною. На схемі також представлені наступні основні геометричні, кінематичні та силові параметри: p_1 , p_2 , p_3 , p_4 - тиски відповідно на виході насоса, на вході

гідроциліндра, на виході гідроциліндра та на вході фільтра; W_1, W_2, W_3, W_4 - об'єми трубопроводів між насосом та гідророзподільником, гідророзподільником та входом гідроциліндра, виходом гідроциліндра та гідророзподільником, гідророзподільником та фільтром; Q_H - фактична подача насоса; S_p - площа прохідного отвору розподільника; S_ϕ - площа поверхні фільтруючого елемента; D, d - діаметри поршня та штока; $G_{\text{п}}$ - вага плити для пресування; $G_{\text{ц}}$ - вага гідроциліндра;

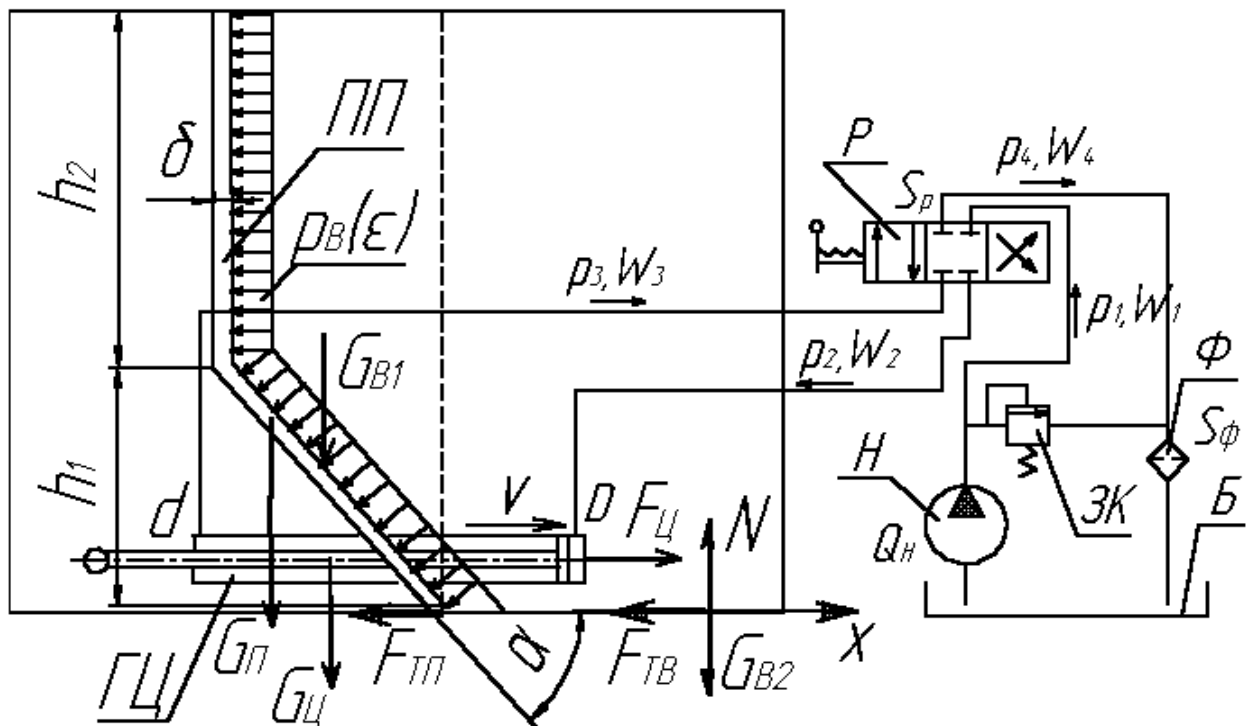


Рис. 1. Розрахункова схема роботи сміттевоза на операції пресування ТПВ

G_{B1} - вага частини відходів, що знаходяться над плитою для пресування; G_{B2} - вага частини відходів, що знаходяться поза плити для пресування; $F_{TП}$ - сила тертя між плитою для пресування та напрямними; $F_{TВ}$ - сила тертя, яка діє на ТПВ; $F_{\text{ц}}$ - сила, яку розвиває гідроциліндр; h_1, h_2 - висота нижньої та верхньої

частини плити для пресування; b - ширина плити для пресування (на схемі не вказана); δ - товщина плити для пресування; α - кут нахилу плити для пресування; x - переміщення плити для пресування.

В процесі пресування на елементи приводу плити діють значні навантаження, викликані перехідними процесами під час пуску. Враховуючи значну масу плити (біля 300 кг) та значну різницю між тертям спокою та тертям ковзання в напрямних плити пускові перевантаження можуть досягати значних величин. Особливу небезпеку це становить для вузлів з'єднання гідроциліндр-плита, гідроциліндр-рама, а також для гнучких трубопроводів високого тиску, які підводять робочу рідину до гідроциліндра. Такі стрибки тиску в режимі перехідних процесів є причиною розриву трубопроводів високого тиску та виходу обладнання з робочого стану та значних витрат робочої рідини (як правило це високовартісне мінеральне мастило). В даній роботі вищевказані проблеми розв'язуються шляхом математичного моделювання роботи гідроприводу з наступним дослідженням побудованої моделі.

При розробці математичної моделі роботи гідроприводу сміттєвоза на операції пресування ТПВ були прийняті наступні припущення: коефіцієнт стисливості робочої рідини (PP) змінюється не суттєво при зміні тиску і тому вважається постійним; витрати робочої рідини на перетікання з області високого тиску в область низького тиску прямопропорційно залежать від перепаду тисків на межі цих областей; величина тиску в магістралі між фільтром і маслобаком є незначною і до уваги не приймається; коефіцієнт тертя ковзання вважається постійним; коефіцієнт тертя ТПВ по сталі бункера рівний се-

редньому арифметичному коефіцієнтів тертя по сталі складових ТПВ пропорційно до їх відсоткового вмісту по масі.

З врахуванням припущень операція пресування ТПВ може бути описана відповідною системою диференціальних (1-5) та алгебраїчних рівнянь (6-18). Диференціальне рівняння (1) описує витрати РР на ділянці насос-гідророзподільник і враховує фактичну подачу насоса, витрати РР через розподільник, втрати РР на перетікання з області високого тиску в область низького тиску та деформацію трубопроводів. Диференціальне рівняння (2) описує витрати РР на ділянці гідророзподільник-вхід гідроциліндра і враховує витрати РР через розподільник, витрати РР на роботу гідроциліндра, втрати РР на перетікання з області високого тиску в область низького тиску та деформацію трубопроводів. Диференціальне рівняння (3) описує витрати РР на ділянці вихід гідроциліндра-гідророзподільник і враховує витрати РР на роботу гідроциліндра, витрати РР через розподільник, втрати РР на перетікання з області високого тиску в область низького тиску та деформацію трубопроводів. Диференціальне рівняння (4) описує витрати РР на ділянці гідророзподільник-фільтр і враховує витрати РР через розподільник, витрати РР через фільтр, втрати РР на перетікання з області високого тиску в область низького тиску та деформацію трубопроводів. Диференціальне рівняння (5) описує рух плити для пресування і враховує силу, що розвиває гідроциліндр; силу інерції рухомих елементів; силу в'язкого тертя; силу опору ТПВ при їх ущільненні; дію сили сухого тертя плити для пресування та ТПВ. Рівняння (6) описує компресійні властивості ТПВ.

$$\left\{ \begin{aligned} Q_H = \mu \cdot S_P \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho_{PP}}} + \sigma \cdot (p_1 - p_2) + k \cdot W_1 \cdot \dot{p}_1; \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$\mu \cdot S_P \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho_{PP}}} = \dot{x} \cdot S_{\text{ц1}} + \sigma \cdot (p_2 - p_3) + k \cdot W_2 \cdot \dot{p}_2; \quad (2)$$

$$\dot{x} \cdot S_{\text{ц2}} = \mu \cdot S_P \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_3 - p_4)}{\rho_{PP}}} + \sigma \cdot (p_3 - p_4) + k \cdot W_3 \cdot \dot{p}_3; \quad (3)$$

$$\mu \cdot S_P \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_3 - p_4)}{\rho}} = k_\phi \frac{p_4}{\mu_d} S_\phi + \sigma \cdot p_4 + k \cdot W_4 \cdot \dot{p}_4; \quad (4)$$

$$(p_2 \cdot S_{\text{ц1}} - p_3 \cdot S_{\text{ц2}}) = m_P \cdot \ddot{x} + \beta \cdot \dot{x} + p_B(\varepsilon) \cdot S_{\text{ц1}} + F_{\text{ТП}} + F_{\text{ТВ}}. \quad (5)$$

$$p_B = A \cdot \varepsilon^6 + B \cdot \varepsilon^5 + C \cdot \varepsilon^4 + D \cdot \varepsilon^3 + E \cdot \varepsilon^2 + F \cdot \varepsilon + G, \quad (6)$$

де A, B, C, D, E, F, G – коефіцієнти регресії, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти регресії

ρ , кг/м ³	A, МПа	B, МПа	C, МПа	D, МПа	E, МПа	F, МПа	G, МПа
145	3E-7	-2E-5	0,0006	-0,0079	0,0491	-0,1278	0,163
210	4E-7	-2E-5	0,0004	-0,004	0,0193	-0,0393	0,102
320	7E-6	-0,0003	0,0054	-0,0446	0,18	0,3269	0,3142

$$S_{\text{ц1}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}; \quad (7)$$

$$S_{\text{ц2}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}; \quad (8)$$

$$S_{II1} = b \cdot (h_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha + h_2); \quad (9)$$

$$F_{III} = f_C \cdot (G_{B1} + G_{II} + G_{II} + p_B(\varepsilon) \cdot S_{II2}); \quad (10)$$

$$F_{TB} = f_B \cdot (G_B - G_{B1} + p_B(\varepsilon) \cdot S_B); \quad (11)$$

$$S_{II2} = \frac{b \cdot h_1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (12)$$

$$S_B = \frac{(V_K - V) \cdot (b + 2 \cdot (h_1 + h_2))}{b \cdot (h_1 + h_2)}; \quad (13)$$

$$G_{B1} = \frac{h_1 \cdot b \left(h_2 + \frac{h_1}{2} \right) \cdot \rho_B \cdot g}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (14)$$

$$G_{II} = \left(h_2 + \frac{h_1}{\sin \alpha} \right) \cdot b \cdot \delta \cdot \rho_C \cdot g; \quad (15)$$

$$G_{II} = (m_{II} + S_{II1} \cdot x \cdot \rho_{PP}) \cdot g; \quad (16)$$

$$G_B = V_K \cdot \rho_B \cdot g; \quad (17)$$

$$m_P = \frac{G_B + G_{II} + G_{II}}{g}. \quad (18)$$

В результаті імітаційного моделювання на ЕОМ, використовуючи числовий метод Рунге-Кутта-Фельдберга та описану вище математичну модель отримано графіки перехідних процесів в гідроприводі плити для пресування (рис. 2-4) для параметрів, що відповідають моделі сміттєвоза КО-436. Цифрами 1, 2, 3 на рис. 2-4 позначено криві при $D=100$ мм, $D=110$ мм, $D=125$ мм відповідно.

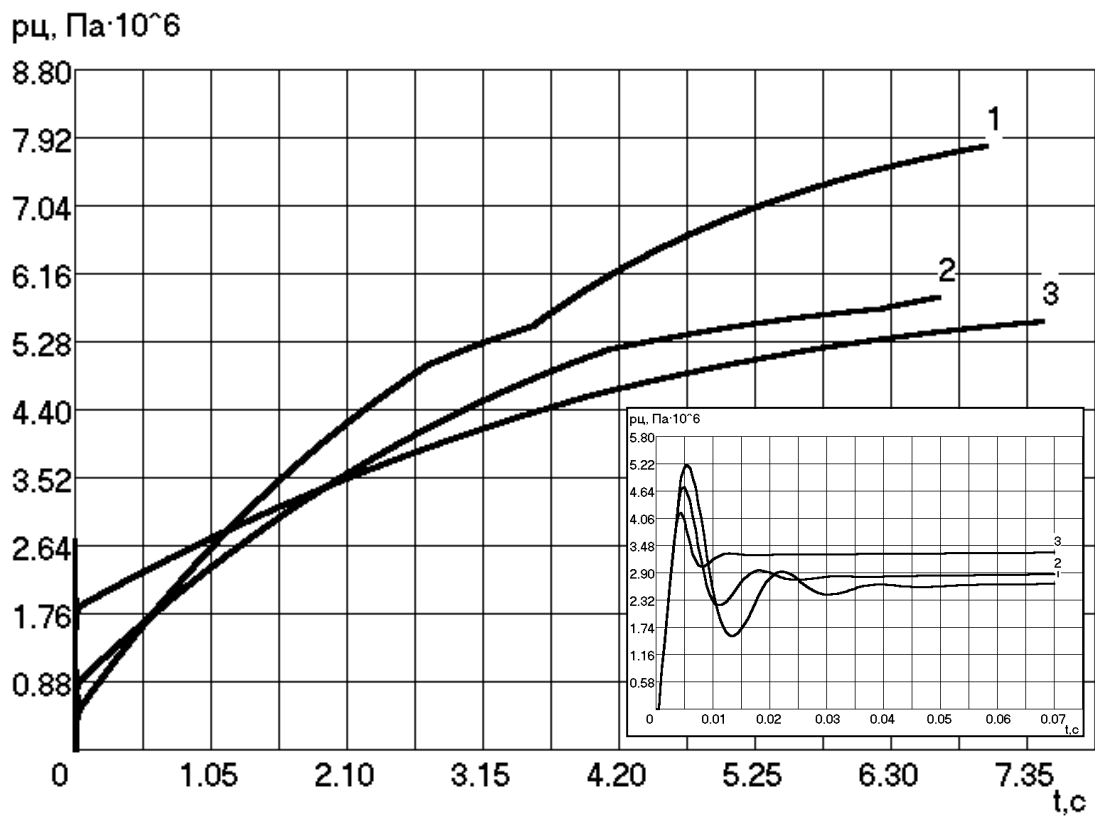


Рис. 2. Зміна тиску в гідроциліндрі плити для пресування

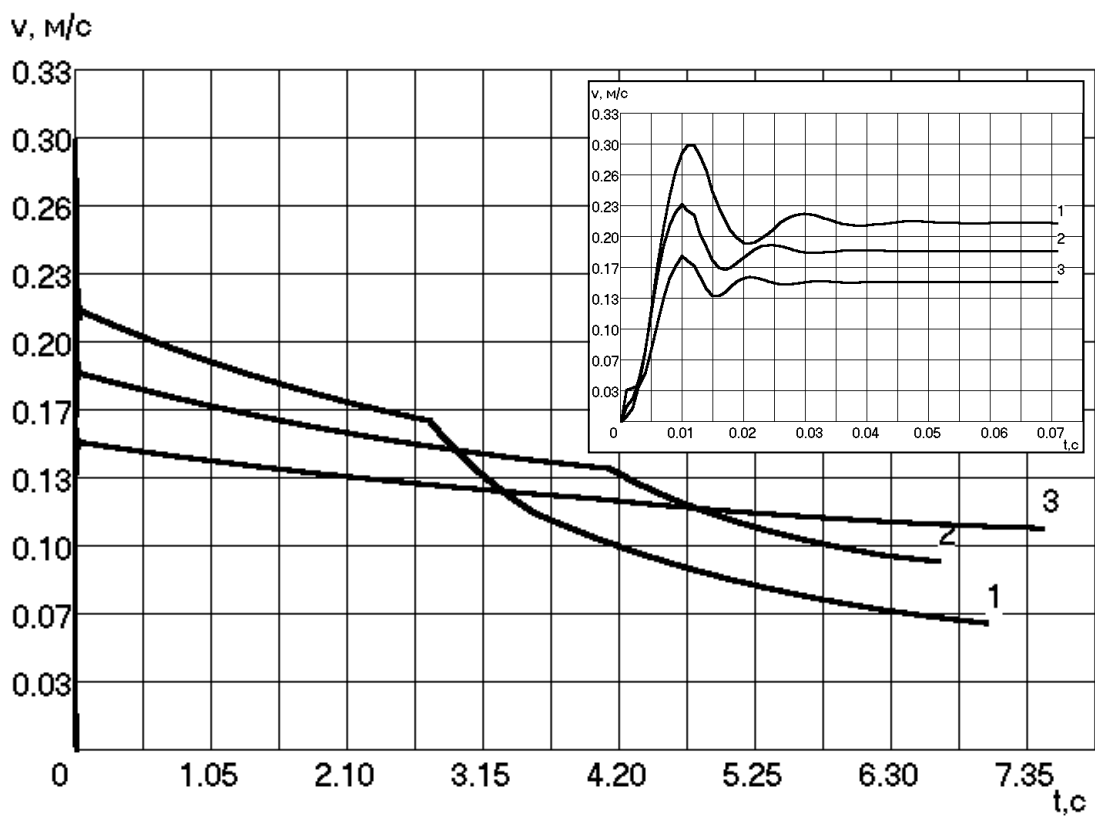


Рис. 3. Швидкість плити для пресування

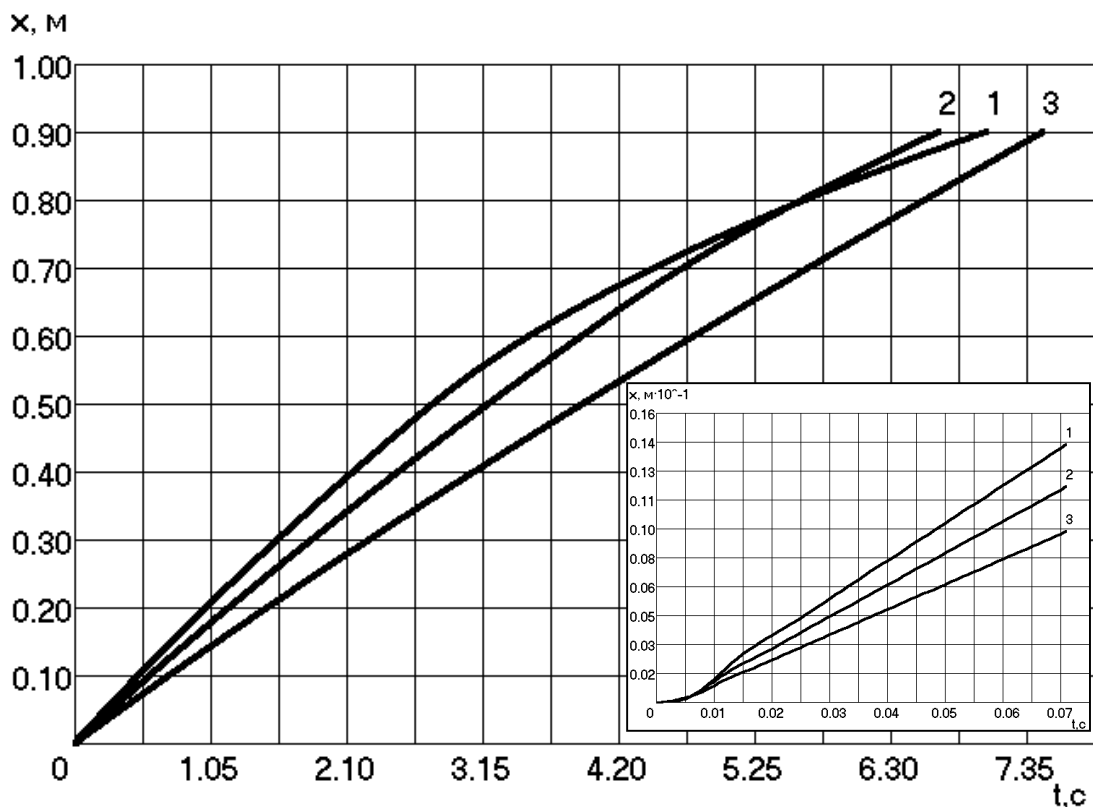


Рис. 4. Переміщення плити для пресування

На вільному полі рисунків наведені графіки перехідних процесів, викликаних пуском приводу. Значне прискорення плити та ударні навантаження на гідропривід мають місце на проміжку часу від 0 до 0,02 секунди.

Аналіз графіків, представлених на рис. 2-4, показав, що перехідні процеси при роботі гідроприводу пресування ТПВ якісні лише для кривої 3. Показники якості перехідних процесів наведені в табл. 2. Вони суттєво покращуються при збільшенні діаметра гідроциліндра D . Значення відносного перерегулювання для кривих 1 і 2 виходить за межі допустимих величин (30 %). При зменшенні або збільшенні діаметра гідроциліндра D збільшується час пресування ТПВ. Але, враховуючи необхідність покращання якості перехідного процесу, слід збільшити діаметр гідроциліндра D .

Показники якості перехідних процесів при пресуванні ТПВ

№	D, мм	$t_{\text{рег}}$, с	σ , %	N
1	100	0,023	50	2
2	110	0,015	40	1
3	125	0,01	21	1

ВИСНОВКИ

1. Моделювання роботи гідроприводу показали можливість виникнення автоколивальних режимів у перехідних процесах гідроприводу. Позитивно на стійкість роботи гідроприводу впливають зменшення маси рухомих частин, а також збільшення об'єму напірної порожнини гідроциліндра.

2. Збільшення діаметра гідроциліндра забезпечує покращення якості перехідних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крейндлиг Л. М. Опыт некоторых стран в компостировании бытовых отходов// Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. - 1989.- №2. - с. 51-56.
2. Машиностроительный гидропривод/ Под ред. В.Н. Прокофьева. - М.: Машиностроение, 1978 - 495 с.

Рекомендовано кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту.

Савуляк Валерій Іванович – завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту ВДТУ, **Березюк Олег Володимирович** – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту ВДТУ.

Анотація

Запропоновано математичну модель привода плити для пресування, яка враховує компресійні властивості твердих побутових відходів. Досліджено динаміку гідроприводу плити для пресування. Розглянуто якісні характеристики перехідних процесів при ущільненні твердих побутових відходів.

Ключові слова: спеціальні автомобілі, тверді побутові відходи, приводи ущільнення.

The summary

The mathematical model of the drive of a table for pressing is offered, which one allows for compressive properties of a firm domestic waste. Dynamics of a hydraulic drive of a table for pressing is investigated. The qualitative behaviors of transients are reviewed at seal of a firm domestic waste.

Keywords: special automobiles, firm domestic waste, drives of seal.